Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.1, Spring 2021, P. 153-167
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۶۷-۱۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

اثر اندوفیت باکتریایی (*Exigubacterium aurantiacum*) جداسازی شده از گیاه شورپسند (*Salsola imbricata*) بر صفات رشدی گیاهچه گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری

سهیلا آقائی درگیری[۱]- داود صمصام پور[۲]*- مجید عسکری سیاهویی[۳]- عبدالنبی باقری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷

چکیده

اندوفیت‌ها می‌توانند نقش مهمی در بقای گیاهان در شرایط تنش شوری به واسطه کاهش اثر سو سدیم داشته باشند. این مطالعه با هدف بررسی اثر اندوفیت باکتریایی (*Exigubacterium aurantiacum*)، جداسازی شده از گیاه شورپسند (*Salsola imbricata*) در بهبود رشد گیاهچه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم '۸۳۲۰'، تحت شرایط تنش شوری انجام شد. بذور تلقیح شده با باکتری به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سینی نشاء کشت و بعد از رشد، انتقال گیاهچه به گلدان‌ها در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطوح تنش شوری (صفر، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و تلقیح باکتری بود. در این آزمایش صفات ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه، تعیین درصد نشت الکترولیت، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کارتنوئید، پرولین و محتوای کربوهیدارت مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کاروتنوئید و افزایش نشت الکترولیت شد؛ اما باکتری باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری روی گوجه‌فرنگی شد. گیاهچه گوجه‌فرنگی تحت تیمار با اندوفیت باکتریایی سطوح بالاتری از اسمولیت‌های کلیدی؛ پرولین آزاد و کربوهیدرات‌های محلول کل در مقایسه با گیاهچه تیمار نشده در شرایط تنش شوری نشان دادند. نتایج همچنین نشان داد باکتری باعث افزایش رشد گوجه‌فرنگی در آب و خاک شور می‌شود و می‌توان از آن به عنوان یک ابزار موثر برای کشت گیاهان حساس به شوری مانند گوجه‌فرنگی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اندوفیت، تحمل شوری، کربوهیدرات محلول کل، کود بیولوژیک، گوجه‌فرنگی

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) از سبزیجات بسیار محبوب در سراسر جهان است (۱۱). تولید این محصول نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی ایران دارد (۷۵). جوانه‌زنی بذر، رشد، زیست توده و عملکرد این محصول تحت تاثیر شوری خاک یا شوری ناشی از مصرف بیش از حد کودها کاهش می‌یابد (۵۴، ۸۱ و ۸۹). گونه‌های گیاهی کشت شده در مناطق خشک و نیمه خشک جهان همواره در معرض عوامل محیطی مختلفی هستند که می‌توانند بر رشد و عملکرد آن‌ها تاثیر منفی بگذارند (۴). در میان تنش‌های مختلف محیطی، تنش شوری یکی از تنش‌های اصلی است که به طور قابل توجهی رشد و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (۶۰). تنش شوری باعث عدم تعادل یونی شده و غلظت سدیم، کلر، منیزیم، کلسیم و پتاسیم را در سلول‌ها افزایش داده و باعث تجمع زیاد کلر و سدیم از طریق مسیر سیمپلاستی می‌شود (۷۸). شوری با کاهش درصد جوانه‌زنی و تاخیر در ظهور گیاهچه، تولید محصول را مختل می‌کند (۱۰ و ۱۹). در مرحله بعد، شوری با تاثیرگذاری بر پارامترهای رشدی، عملکرد را کاهش می‌دهد. شوری با ایجاد اختلال در تعادل آب، بر رشد گیاه تاثیر منفی می‌گذارد و باعث عدم تعادل در تغذیه گیاهان می‌شود و فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۴۱ و ۸۸). گیاهان هالوفیت در سطح وسیعی از زیستگاه‌های شور و اغلب در مناطقی با غلظت نمک بالاتر از ۴۰۰ میلی‌مولار رشد می‌کنند (۲۱ و ۲۴). مکانیسم تحمل شوری در این گیاهان از نظر ژنتیکی و فیزیولوژیکی بسیار پیچیده بوده و مبتنی بر ژن‌هایی

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
۳ و ۴- به‌ترتیب دانشیار و استادیار، گروه تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس
(*- نویسنده مسئول: (Email: samsampoor@hormozgan.ac.ir
DOI: 10.22067/jhs.2021.61963.0

می‌باشد که در میزان جذب نمک از خاک و انتقال نمک به گیاه اثرات محدود کننده دارند، همچنین تعادل یونی و اسمزی سلول در ریشه و ساقه‌ها را تنظیم کرده و باعث رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (۵۷).

اندوفیت‌های مرتبط با گیاهان باعث بهبود رشد گیاه، تحمل آن در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دما، فلزات سنگین و غیره و مقاومت در برابر پاتوژن‌ها می‌شوند (۳۰، ۳۳، ۴۷، ۷۷ و ۸۴). اندوفیت‌ها میکروارگانیسم‌هایی هستند که بدون ایجاد علائم بیماری، در بافت‌های (درون سلولی یا بین سلولی) گونه‌های مختلف گیاهی از جمله هالوفیت‌ها وجود دارند و سرشار از ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند. تقریبا همه گونه‌های گیاهی میزبان دارای یک یا چند اندوفیت می‌باشند (۴۸). اندوفیت‌های جدا شده از گیاهان در حال رشد در خاک‌های گرم و خاک‌های شور ساحلی، باعث افزایش عملکرد گیاهان در این محیط‌ها شده که نشان از پتانسیل تجاری بالای آن‌ها دارد (۲۶ و ۵۲). رویکردهای متنوعی با روش‌های مرسوم در اصلاح نژاد برای افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مختلف استفاده شده است. در میان آن‌ها، استفاده از میکروب‌های القا کننده رشد گیاهان، روشی مناسب برای توسعه رشد گیاه و میانجیگری در تنش محسوب می‌شود (۴۴). ویژگی اصلی همزیستی میکوریزایی[1]، تبادل مواد غذایی بین شرکای همزیست است. وجود این رابطه، گیاهان را قادر می‌سازد حتی در غلظت بالای نمک، مواد مغذی دریافت کنند (۲۲). میکروارگانیسم‌هایی در خاک وجود دارند که می‌توانند به روش‌های مختلف در قالب رابطه همزیستی به تغذیه و مصرف مواد مغذی به گیاهان کمک کنند (۱۲). گیاهانی که با میکوریزا از طریق ریشه‌ها همزیستی دارند، محتوای فسفر بیشتری دارند و می‌توانند نسبت سدیم به پتاسیم را حفظ کنند (۳۲). برای یون کلر، نتایج متفاوتی گزارش شده است. میکوریزاسیون ریشه‌ها می‌تواند میزان جذب کلر را کاهش دهد (۹۵)، اما در مواردی تجمع کلر نیز گزارش شده است (۱۵). گیری و همکاران (۳۱) نشان دادند که گیاهان دارای میکوریزا تا حدودی می‌توانند بر این تنش غلبه کنند. مکانیسم مهم دیگر روبرو شدن با تنش اسمزی، تجمع املاح آلی می‌باشد که در گیاهان هالوفیت یافت می‌شود (۲۵)؛ افزایش پرولین در تحمل به تنش شوری در گیاهان تلقیح شده با اندوفیت موضوعی می‌باشد که در تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است. با این حال، نتایج تلقیح با اندوفیت‌ها متغیر بوده و نشان می‌دهد که تجمع پرولین در بیشتر موارد علت تحمل به نمک نیست (۶۷). تنظیم اسمولیت می‌تواند با بتائین‌ها و قندها نیز حاصل شود. در این راستا مشخص شده که بتائین‌ها و قندها هر دو درگیاهان میکوریزایی افزایش یافته و به عنوان پارامترهای درگیر در تحمل به نمک پیشنهاد شده‌اند (۵۳ و ۶۲).

در بسیاری از مطالعات قبلی از ریزوباکتری‌های القا کننده رشد گیاه (PGPR)، برای بهبود رشد گیاه و کاهش تنش شوری استفاده کرده‌اند (۸، ۲۰، ۵۵). با این حال، تعداد بسیار کمی از اندوفیت باکتریایی (PGPED) که باعث رشد گیاه می‌شوند، برای بررسی تنش شوری استفاده شده‌اند. این اندوفیت‌های باکتریایی نقش مهمی در تحمل در برابر اثرات منفی، شرایط زنده و غیر زنده دارند (۴۳). همزیستی گیاهان با اندوفیت باکتریایی (PGPEB)، به ویژه در ریشه‌ها، می‌تواند میزان جذب مواد معدنی، تعادل هورمون‌های گیاهی و ماده مترشحه دفاعی را تنظیم کند (۱۸). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اندوفیت‌ها باکتریایی جداسازی شده از گیاهان شورپسند می‌توانند باعث رشد قابل توجه در گیاهان میزبان شوند. به عنوان مثال، اندوفیت‌های (*E. aurantiacum*) در بی اثر کردن تنش شوری در گوجه‌فرنگی فعال بودند (۶۵). مطالعه حاضر به منظور کشف اندوسیمبیونت‌های گیاه شورپسند (*S. imbricata*) جمع‌آوری شده از جزیره قشم انجام شد، زیرا این گیاهان یکی از اکوسیستم‌های بسیار موثر در جهان را تشکیل می‌دهند و جزو مهم‌ترین گیاهان شورپسند محسوب می‌شوند. محصول گوجه‌فرنگی به دلیل دارا بودن ارزش غذایی بالا از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار است (۵۹). از آنجایی که تولید گوجه‌فرنگی عمدتا در مناطق گرم و خشک جهان انجام می‌شود و در این مناطق، فرایندهای طبیعی و انسانی باعث شوری خاک می‌شود (۳۸)، اتخاذ روش‌های علمی و کاربردی برای افزایش تحمل به شوری در این گیاه، امری اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش استفاده از اندوفیت باکتریایی به عنوان یک روش سالم برای افزایش تحمل به تنش شوری در گیاه گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بر صفات رشدی گیاهچه گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری در شرایط گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل باکتری در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح و تیمار شوری (آب چاه) در چهار سطح (صفر، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) بود.

پتانسیل تحمل به شوری اندوفیت باکتریایی در شرایط آزمایشگاه با استفاده از روش شهزاد و همکاران (۷۲) مورد بررسی قرار گرفت. باکتری در محیط کشت نوترینت آگار NA (Nutrient Agar) با غلظت‌های متفاوت NaCl (۱، ۲ و ۳ مولار) کشت داده شد و پویایی رشد آن بعد از ۲۴ و ۱۲۰ ساعت مورد بررسی قرار گرفت.

برای تهیه سوسپانسیون باکتری جهت تلقیح به بذر گوجه‌فرنگی، باکتری روی محیط کشت NB (Nutrient Broth) به مدت ۲۴

1- Mycorrhiza

ساعت در انکوباتور با دمای ۱±۲۸ درجه سانتی‌گراد با ۱۳۰ دور در دقیقه نگهداری شدند. OD سوسپانسیون با غلظت ۱۰^۸ ×۱ میلی‌لیتر تنظیم شد (۷۲). بذر گوجه‌فرنگی رقم '۸۳۲۰' با استفاده از اتانول (۷۰ درصد) به مدت ۳۰ ثانیه شست و شو و سپس با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۹۰ دقیقه استریل شد و پس از آن سه بار به طور کامل با آب مقطر اتوکلاو شده شست و شو شدند (۷۶). برای تماس بهتر بذور با باکتری از ماده کربوکسی متیل سلولاز یک درصد استفاده شده و سپس بذور تلقیح شده با تیمارهای باکتری به مدت شش ساعت بر روی شیکر قرار داده شدند. نمونه شاهد (بدون تلقیح) در آب مقطر حاوی توئین ۲۰ به مدت شش ساعت شیک شد. قبل از کشت بذور تیمار شده و انتقال به سینی نشاء، خاک سینی‌های نشا شامل (پیت ماس و پرلایت) با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد. برای آبیاری بذور در طی دوره کشت از آب اتوکلاو شده یک روز درمیان استفاده شد (۷۶). بعد از رشد اولیه بذور، گیاهچه‌ها به گلدان‌های (دارای خاک اتوکلاو شده با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان با شرایط دمای (۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت (۷۰-۶۵ درصد) منتقل شدند. بعد از استقرار مناسب، تلقیح باکتری مجدداً به صورت محلول‌پاشی روی شاخ و برگ گیاهچه‌ها انجام شد (۸۰). تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی بود. چهار هفته بعد از تلقیح اندوفیت باکتریایی، تنش شوری (آب چاه) در چهار سطح (صفر ، ۴، ۶، و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) به گیاهچه‌ها اعمال گردید. دور آبیاری همه گیاهان سه روز یک بار بود. پس از گذر سه ماه از تنش، ریشه‌ها و برگ‌های گیاهان برداشت شدند. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاهچه از خط‌کش میلی‌متری استفاده شد و ارتفاع گیاهچه از سطح خاک تا آخرین برگ ثبت و گزارش شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک (ساقه، برگ و ریشه) بعد از قرارگیری این اندام‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در داخل آون، وزن آن‌ها توسط ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

برای تعیین درصد نشت الکترولیت، نیم گرم برگ با آب مقطر شسته شده و در لوله‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد. لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط تاریک روی شیکر قرار گرفتند و میزان هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) با استفاده از دستگاه EC متر مدل (Tetracon 325) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها سپس به مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه و فشار ۱/۵ اتمسفر قرار داده شدند و بعد از خنک شدن در دمای اتاق، هدایت الکتریکی بیشینه (EC_2) اندازه‌گیری و درصد نشت الکترولیت با استفاده از معادله زیر با روش (۶۹) محاسبه شد:

$$EC = (EC_1/EC_2)\times100$$

میزان محتوای کلروفیل و کارتنوئید در نمونه‌های برگ مطابق با روش لیختنتالر و همکاران (۵۱) اندازه‌گیری شد. کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئید به ترتیب با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (Cecil CE2501) در ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین شد. اندازه‌گیری غلظت پرولین آزاد در نمونه‌های برگ برداشت شده با استفاده از روش بیتس و همکاران (۹) در ۵۲۰ نانومتر با استفاده از نائین هیدرین تهیه شده با اسید استیک گلاسیال و اسید فسفریک اندازه‌گیری شد و با توجه به روش یمم و همکاران (۸۷)، کربوهیدرات محلول کل برگ با استفاده از اسپکتروفتومتر در ۶۲۵ نانومتر محاسبه شد. وابستگی میکروزایی به روش گدیمان و همکاران (۲۷) و شاخص تحمل به شوری به روش حاتمی و همکاران (۳۵) طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

وابستگی میکروزایی= وزن خشک گیاه همزیست در تنش شوری/ وزن خشک گیاه بدون همزیست در تنش شوری ×۱۰۰

شاخص تحمل شوری= وزن خشک گیاه در تنش شوری/ وزن خشک گیاه بدون تنش شوری×۱۰۰

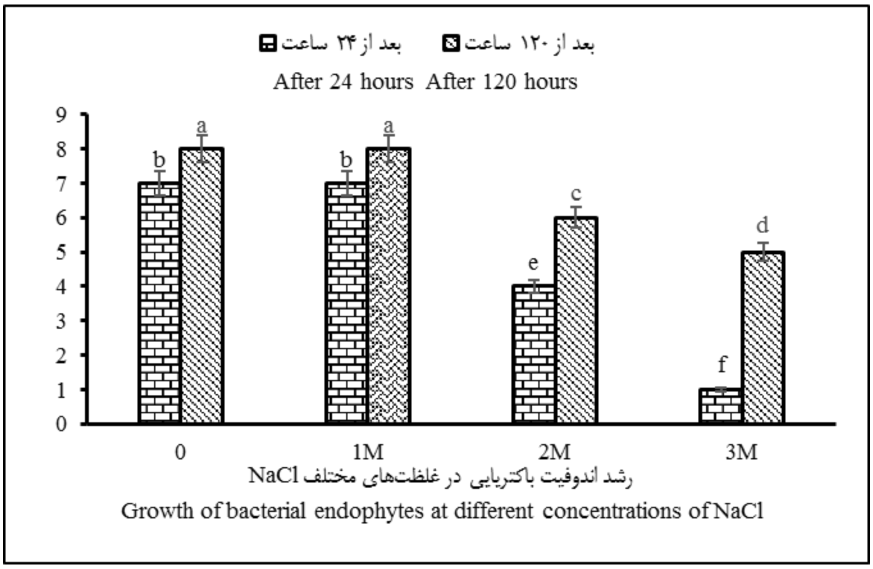
تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD با سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان پاسخ اندوفیت باکتریایی به غلظت‌های مختلف NaCl

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش غلظت نمک در محیط کشت، رشد باکتری کاهش یافت (شکل ۱). اما در بالاترین غلظت (سه مولار NaCl) باکتری به رشد خود ادامه داد. این داده‌ها نشان می‌دهد که این سویه تحت تنش سه مولار زنده مانده و کاملا متوقف نشده است. باکتری در غلظت‌های پایین نمک سریع‌تر به حداکثر رشد خود رسید (شکل ۱). این اندوفیت ممکن است در شرایط محیطی مشابه، تاثیرات مفیدی بر گیاهان بگذارد. نقش بالقوه باکتری در مقابله با تنش‌های غیر زنده اخیرا توسط (۱۳) اثبات شده است. بسیاری از مطالعات (۶۵، ۸۳ و ۸۵) نشان داده‌اند که تنش شوری بر جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک تاثیر منفی می‌گذارد. با این حال، میکروارگانیسم‌های متحمل به شوری و شورپسند به راحتی می‌توانند در شرایط تنش شوری زنده بمانند که نتایج تحقیقات حاضر با آن مطالعات مطابقت داشت. نتایج پژوهشی نشان داد که باکتری ریزوسفر در ریشه‌های گیاه *Salicornia europaea* در محل‌هایی که شورتر بود یافت شد (۷۹). نتایج نشان داد که میزان سطوح شوری خاک در دو محل آزمایش، بر الگوی توزیع جوامع باکتریایی تاثیرگذار است. باکتری‌هایی که نمایانگر اکتینوباکتری‌ها هستند ممکن است تحمل کمتری نسبت به تنش شوری نشان دهند. این باکتری‌ها در محیط‌هایی که سطح شوری کمتری دارند، وجود دارد (۳۷)، در حالی که مقدار بیشتری از باکتری‌های متعلق به Verrucomicrobia در

محیط شورتر یافت می‌شوند (۳۷ و ۸۶)، با توجه به اینکه گیاهانی که باکتری از آن‌ها استخراج یا ایزوله شده است در محیطی بسیار شـور و اساسا با گیاهان شورپسند رشد می‌کنند، این موضوع نشان می‌دهد که باکتری‌های همراه با گیاهان در افزایش تحمل به شوری ممکن است موثر باشند که قابل مقایسه با نتایج ما می‌باشد.



شکل ۱- رشد باکتری *E. aurantiacum* در غلظت‌های مختلف NaCl (۱، ۲ و ۳ مولار) بعد از ۲٤ و ۱۲۰ ساعت

Figure 1- Growth of *E. aurantiacum* bacterial at different concentrations of NaCl (1, 2 and 3 M) after 24 and 120 hours (LSD, $p \leq 0.05$)

ارتفاع و وزن خشک

بر همکنش اثر سطوح شـوری و تلقـیح انـدوفیت باکتریـایی *E. aurantiacum* بر ارتفاع، وزن خشک ساقه، برگ و ریشــه در سـطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال تنش شـدید، میـزان ارتفـاع، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه کاهش ولی تلقیح بـاکتری تـا حـدود زیادی این کاهش وزن را جبران کرد (جدول ۱). تحت شـرایط تـنش شوری، ارتفاع، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه در گیاهچه‌های تلقـیح شده با اندوفیت به ترتیب به مقـدار ۱۹/۱۶، ۳۸/۱۴، ۱۴/۳۴ و ۳۰/۰۸ درصد در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت (جدول ۱).

جدول ۱- اثر متقابل سطوح شوری × تلقیح اندوفیت باکتریایی *Exigubacterium aurantiacum* بر ارتفاع و وزن خشک گیاهچه گوجه‌فرنگی

Table 1- The interaction effect of salinity levels ×*Exigubacterium aurantiacum* bacterial endophyte inoculation on height and dry weight of tomato Seedlings

تیمار (اندوفیت باکتریایی) Treatment (Bacterial endophyte)	سطوح شوری Salinity level (dS m^{-1})	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک بر گ Leaf dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
				گرم (g)	
شاهد (عدم تلقیح) Control (no inoculation)	0	48.58b	21.03b	9.11b	17.43b
	4	42.71e	14.32e	8.35e	12.17e
	6	37.03g	11.57g	7.24g	9.26g
	8	30.26i	8.11i	6.34i	6.94i
	10	26.28j	6.24j	5.35j	6.26j
اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* Bacterial endophyte *E. aurantiacum*	0	57.69a	25.65a	9.95a	19.33a
	4	46.16c	19.24c	8.81c	15.37c
	6	44.51d	17.34d	8.55d	13.33d
	8	39.88f	12.28f	8.04f	11.25f
	10	32.05h	10.04h	6.26h	8.44h

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک می‌باشند، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, numbers followed by the same letter do not have statisticly significant differences ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

اثرات منفی و مضر تنش شوری در انواع مختلف گیاهان زراعی مانند خیار، فلفل و برنج توسط (۳۴ و ۵۸) گزارش شده است. نتایج این پژوهشگران نشان داد که غلظت بالای سدیم روی رشد و نمو گیاه تاثیر منفی دارد. نتایج به دست آمده در این پژوهش نیز در راستای یافته‌های به دست آمده توسط پژوهشگران فوق الذکر است.

با این حال تلقیح اندوفیت باکتریایی صفات رشدی گیاهچه گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای بدون تلقیح و تحت تنش شوری بهبود یافت. گوجه‌فرنگی یک گیاه حساس به تنش شوری است و نشان داده شده است که گیاه به غلظت‌های حتی کمتر از ۵۰ تا ۲۰۰ میلی مولار حساس است (۴۶، ۵۵ و ۹۲). در مطالعه حاضر استفاده از اندوفیت باعث افزایش تحمل به تنش شوری در گوجه‌فرنگی شد. اندوفیت‌های ساکن بافت‌های گیاهی که به روش انتقال غیرفعال وارد ریشه‌ها می‌شوند می‌توانند عدم تعادل یونی را تنظیم کنند (۴۶، ۵۱ و ۷۱). گیاهان گوجه‌فرنگی تلقیح شده با اندوفیت باکتریایی رشد و زیست توده بهتری نسبت به گروه کنترل تحت تنش شوری نشان دادند، زیرا اندوفیت‌های باکتریایی که در محیط‌های شور زندگی می‌کنند رشد خوبی دارند و آسیب کمی به سیستم‌های اکسیداتیو سلولی آن‌ها می‌زند. پاسخ‌های مشابهی در خصوص القا رشد گیاه با استفاده از تلقیح اندوفیت‌های باکتریایی و تنش نیز توسط (۲۰ و ۵۶) ذکر شده است

تعیین درصد نشت الکترولیت

بر همکنش اثر سطوح شوری و تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بر نشت الکترولیت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال تنش شدید، میزان نشت الکترولیت افزایش ولی تلقیح اندوفیت باکتریایی تا حدود زیادی این افزایش نشت الکترولیت را جبران کرد (جدول ۲). تحت شرایط تنش شوری، نشت الکترولیت در گیاهچه‌های تلقیح شده با اندوفیت به میزان ۱۱/۳۵ درصد در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) کاهش یافت (جدول ۲). مشابه این نتایج در گوجه‌فرنگی (۱۶)، ذرت (۳۹) گزارش شده است. کاهش نشت الکترولیت نشان داد که تنش اکسیداتیو ناشی از سطح بالای ROS است (۶۱). نشت الکترولیت برای سنجش میزان تراوایی غشا مورد استفاده قرار می‌گیرد و افزایش مقدار آن نشان دهنده تنش و وارد آمدن خسارت به غشای سلول می‌باشد (۲۳) هم‌چنین کافی و همکاران (۴۰) بیان کردند تنش شوری باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و به دنبال آن باعث کاهش شاخص پایداری غشای سلول در گیاهان مختلف می‌شود. نشان داده شده است که رابطه همزیستی قارچ میکوریزا باعث کاهش تخریب غشای گیاهان شده و میزان نشت یونی در آن‌ها با گیاهان بدون همزیستی در معرض تنش کاهش چشمگیری یافته است (۸۲) که نتایج مطالعات ما با آن مطابقت داشت.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

بر همکنش اثر سطوح شوری و تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بر میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئیدها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال تنش شدید، میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئیدها کاهش ولی تلقیح اندوفیت باکتریایی تا حدود زیادی این کاهش وزن را جبران کرد (جدول ۲). تحت شرایط تنش شوری، میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئیدها در گیاهچه‌های تلقیح شده با اندوفیت به ترتیب به مقدار ۱۲/۲۴، ۳۷/۴۱ و ۲۱/۲۵ درصد در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت (جدول ۲). استفاده از اندوفیت در تمام سطوح شوری سبب افزایش و تجمع کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئیدها در برگ گوجه‌فرنگی شد و تا حدودی این کاهش را طی تنش جبران کرد. این موضوع می‌تواند نشانه‌ای از تنش اکسیداتیو باشد و ممکن است ناشی از تخریب کلروفیل و اکسیداسیون رنگدانه باشد. از آنجا که کلروفیل یک عنصر اساسی برای فتوسنتز است، هر گونه کاهش در میزان کلروفیل می‌تواند بر ظرفیت فتوسنتزی تاثیر بگذارد (۱۴). کاروتنوئیدها باعث تثبیت و محافظت از فاز لیپیدی غشای تیلاکوئید می‌شوند. هم‌چنین به عنوان تسکین دهنده اکسیژن و محافظ رادیکال ایفای نقش می‌نمایند (۱۴). کاروتنوئیدها رنگدانه‌هایی هستند که از تخریب کلروفیل‌ها در تنش‌های اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند. این یافته با نتایج دیاس و همکاران (۱۹) همخوانی دارد که دریافتند کلروفیل کل (۱/۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در گیاهان تلقیح شده با اندوفیت *Sterptomyces* sp. به طور معنی‌داری بالاتر از سطح شاهد (۱/۳۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) بود.

در تحقیقاتی هم‌چنین گزارش کردند که ریزوباکتریایی *Bacillus subtilis* و آزوتوباکتر *Chroococcum* باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاهان گوجه‌فرنگی نسبت به گیاهان شاهد شدند (۶). نتایج دیگری نشان داد که اندوفیت‌ها تاثیر مثبتی بر رنگدانه‌های فتوسنتزی دارند (۲ و ۶۸) که با نتایج مطالعات ما مطابقت داشت.

پرولین آزاد

بر همکنش اثر سطوح شوری و تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بر میزان پرولین آزاد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال تنش شدید، میزان پرولین افزایش ولی تلقیح اندوفیت باکتریایی، سبب افزایش پرولین در گیاهچه گوجه‌فرنگی شد. تحت شرایط تنش شوری، میزان پرولین آزاد در گیاهچه‌های تلقیح شده با اندوفیت به مقدار ۱۹/۳۶ درصد در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت (شکل ۲).

جدول ۲- اثر متقابل سطوح شوری × تلقیح اندوفیت باکتریایی *Exigubacterium aurantiacum* بر نشت الکترولیت، کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئید گیاهچه گوجه‌فرنگی

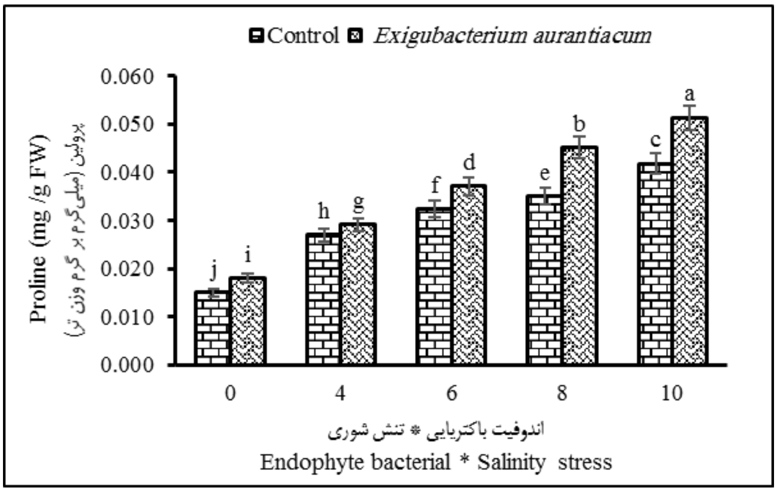
Table 2- Comparison of the mean effect of salinity levels and and *Exigubacterium aurantiacum* bacterial endophyte inoculation on electrolyte leakage, chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids of tomato Seedlings

تیمار (اندوفیت باکتریایی) Treatment (Bacterial endophyte)	سطوح شوری Salinity level ($dS\ m^{-1}$)	نشت الکترولیت Ion leakage (%)	کلروفیل *a* Chlorophyll *a*	کلروفیل *b* Chlorophyll *b*	کاروتنوئید Carotenoids
			(mg g FW)	(میلی‌گرم در گرم برگ تازه)	
شاهد (عدم تلقیح) Control (no inoculation)	0	17.56i	1.65b	1.02b	0.46b
	4	35.18g	1.50e	0.73e	0.38e
	6	48.12e	1.36g	0.46g	0.34f
	8	56.45c	1.24i	0.37i	0.23h
	10	67.36a	1.03j	0.28j	0.19j
اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* Bacterial endophyte *E. aurantiacum*	0	12.43j	1.83a	1.12a	0.49a
	4	29.69h	1.66c	0.96c	0.44c
	6	43.47h	1.48d	0.87d	0.41d
	8	52.15d	1.36f	0.57f	0.32g
	10	61.39b	1.28h	0.41h	0.28i

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک می‌باشند، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصدندارند

In each column, numbers followed by the same letter do not have statisticly significant differences ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

تجمع پرولین یک شاخص اساسی برای پاسخ گیاهان به تنش شوری است (۷۰). تجمع پرولین ناشی از تنش در گیاهان به تنظیم اسمزی کمک می‌کند (۶۴ و ۷۰). علاوه بر این به عنوان نقش اسمولیت سازگار، پرولین هم‌چنین می‌تواند با افزایش پایداری غشاها، به محافظت از آنزیم‌ها و سم‌زدایی رادیکال‌های آزاد غیرآنزیمی کمک کند (۴۵ و ۷۰). هم‌چنین پرولین یکی از رایج‌ترین روش‌های محافظ پروتئین است که در طول تنش شوری در گیاهان تجمع می‌یابد و از طریق کنترل اثرات منفی شوری، آن را بهبود می‌بخشد. پرولین برای محافظت از دیواره سلولی تحت تنش اسمزی، با محافظت از یکپارچگی پروتئین و افزایش فعالیت آنزیمی به عنوان چاپرون مولکولی عمل می‌کند. پرولین‌ها هم‌چنین در اصلاح ROS در گیاهان نقش دارند (۴۲). بنابراین افزایش پرولین توسط اندوفیت باکتریایی ممکن است تحمل به تش شوری را در گیاهان گوجه‌فرنگی افزایش دهد. گزارشاتی مشابه نتایج تحقیقات ما توسط (۱، ۳، ۱۷، ۲۹، ۳۹، ۴۹، ۶۴، ۹۰ و ۹۳) ارایه شده است که در آن‌ها میزان پرولین در گیاه گوجه‌فرنگی برای مقابله با شوری افزایش یافت.

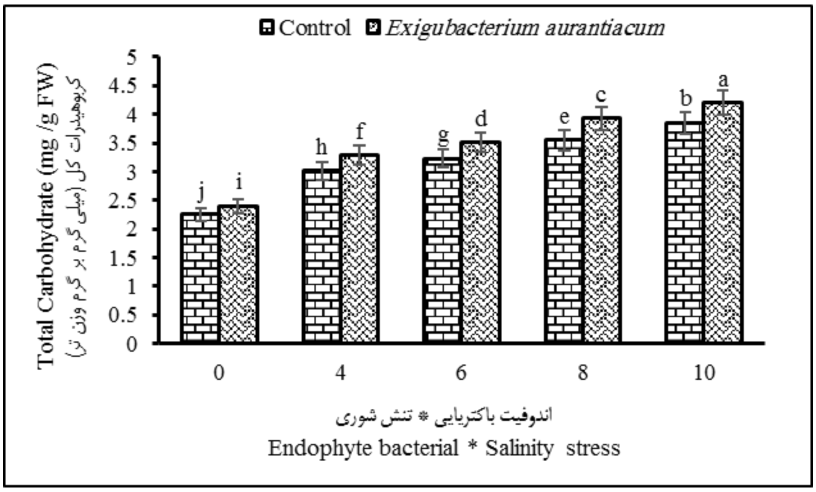


شکل ۲- اثر متقابل سطوح شوری × تلقیح اندوفیت باکتریایی *Exigubacterium aurantiacum* بر میزان پرولین آزاد برگ گوجه‌فرنگی.

Figure 2- The interaction effect of salinity levels ×*E. aurantiacum* bacterial endophyte inoculation on the free proline content of tomato leaves (LSD, $p \leq 0.05$).

محتوای کربوهیدرات کل

برهمکنش اثر سطوح شوری و تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بر محتوای کربوهیدرات کل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال تنش شدید، میزان محتوای کربوهیدرات کل کاهش ولی تلقیح اندوفیت باکتریایی سبب افزایش پرولین در گیاهچه گوجه‌فرنگی شد. تحت شرایط تنش شوری، میزان محتوای کربوهیدرات کل در گیاهچه‌های تلقیح شده با اندوفیت به مقدار ۹/۰۶ درصد در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت (شکل ۳). در گیاهان تحت تاثیر تنش شوری، تجمع کربوهیدرات‌های محلول کل، مانند گلوکز، ساکارز، دکسترین و مالتوز، به عنوان پروتئین محافظت کننده عمل می‌کنند زیرا می‌توانند غشای سلولی و پروتوپلاست را تثبیت کنند. این قندها همچنین از آنزیم‌های محلول در آب در برابر غلظت بالای داخل سلولی یون‌های معدنی محافظت می‌کنند (۵۰). گزارش‌هایی وجود دارد که نقش اندوفیت‌ها را در افزایش تجمع کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان تحت تاثیر شوری نشان می‌دهد (۶۳، ۷۳ و ۹۱). در یک مطالعه دیگر از *Phomopsis liquidambari* روی بادام زمینی، افزایش کربوهیدرات محلول در برگ‌ها در حضور اندوفیت ثابت شد. این به دلیل توانایی اندوفیت در همزیستی سه جانبه با ریشه بادام زمینی و ریزوبیا بود. این ارتباط سه جانبه باعث افزایش قابل توجه ندول‌سازی بادام زمینی شد (۹۴). ساکارز حاصل از فتوسنتز به گره‌های ریشه گیاه تلقیح شده با باکتری منتقل شده و توسط ساکارز سنتتاز به UDP- گلوکز و فروکتوز هیدرولیز می‌شود. ژانگ و همکاران (۹۴) نشان دادند که این امر می‌تواند به دلیل اختصاص بیشتر کربن توسط اندوفیت به بادام زمینی تحت تنش شوری باشد و ریزوبیا با افزایش کربوهیدرات‌های محلول، منجر به متابولیسم کربن در گیاهان می‌شود که می‌تواند یکی از دلایل مطرح در تحقیقات ما در خصوص اندوفیت هم باشد. علاوه براین، شرماتی و همکاران (۷۴) هم‌چنین بیان کردند یکی از آنزیم‌های اصلی تجزیه کننده نشاسته، گلوکان واتراز است که توسط اندوفیت در ریشه‌های کلونیزه فعال شده است و مسئول افزایش کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان تلقیح شده به اندوفیت تحت تنش شوری است. نتایج مشابهی توسط (۲۸)، به واسطه تلقیح *Piriformospora indica* در گیاه آرابیدوپسیس؛ ارایه شد که این باکتری باعث افزایش سطح کربوهیدرات‌های محلول از جمله گلوکز، فروکتوز و ساکارز در گیاهان تلقیح شده در شرایط تنش شوری شد. اخیرا، ژانک و همکاران (۹۱) نشان دادند که*Thricoderma harzianum* متحمل به نمک، تنش شوری را در گیاهچه‌های خیار با افزایش تجمع قندها بهبود بخشید. این امر منجر به تنظیم پتانسیل اسمزی سلول با نگهداشتن آب و تورگر شد و در نتیجه نتیجه اثرات منفی تنش شوری را با متعادل کردن پتانسیل املاح به حداقل رساند (۷).

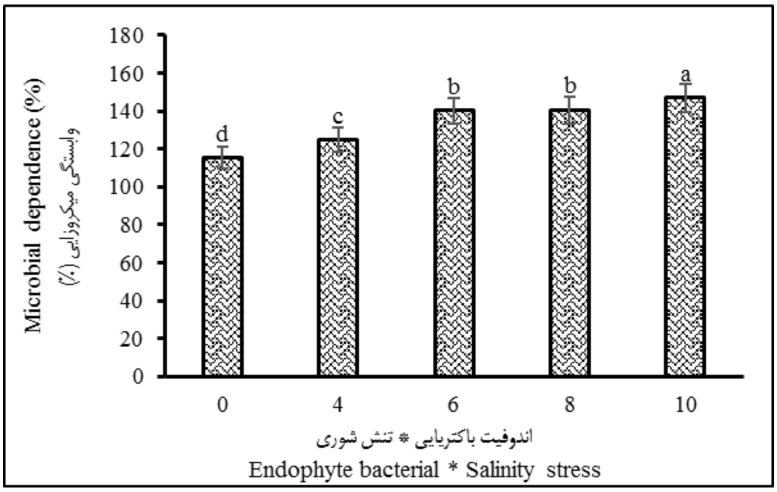


شکل ۳- اثر متقابل سطوح شوری × تلقیح اندوفیت باکتریایی *Exigubacterium aurantiacum* بر میزان کربوهیدرات کل برگ گوجه‌فرنگی

Figure 3– The interaction effect of salinity levels ×inoculation of and *Exigubacterium aurantiacum* bacterial endophyte at salinity levels on the total carbohydrate content of tomato leaves. (LSD, $p \leq 0.05$)

میزان وابستگی میکروزایی و شاخص تحمل به شوری

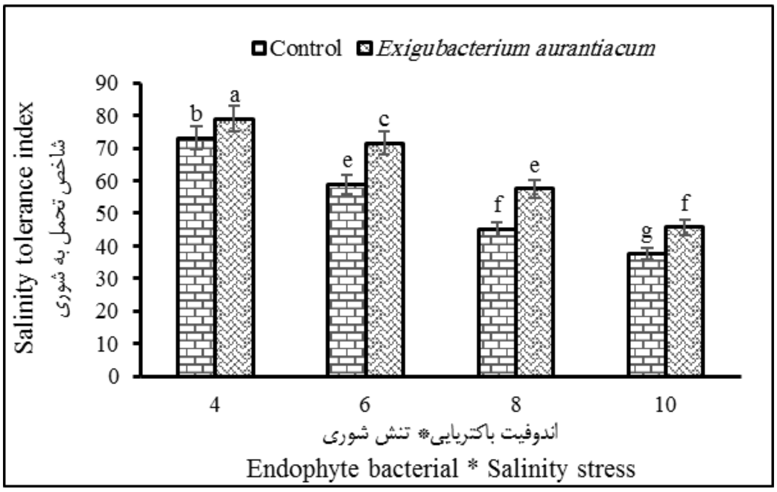
بر همکنش اثر سطوح شوری و میزان وابستگی اندوفیت به گیاه و شاخص تحمل به شوری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با اعمال تنش شدید (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و تلقیح اندوفیت، میزان وابستگی در گیاهچه گوجه‌فرنگی افزایش یافت. کمترین میزان وابستگی اندوفیت در عدم تلقیح (کنترل) مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ٤- اثر متقابل سطوح شوری × تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بر وابستگی به گیاهچه گوجه‌فرنگی

Figure 4- The interaction effect of salinity levels × bacterial endophyte inoculation of *E. aurantiacum* on the dependence of tomato leaves (LSD, $p \leq 0.05$)

در مطالعه ما با تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum* بـه گیاهچه گوجه‌فرنگی، شـاخص تحمـل بـه شـوری افـزایش یافـت. بیشترین شاخص تحمل شوری در تنش (۴ دسی‌زیمنس بر متر) دیده شد. در شرایط شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر میزان تحمل به شوری در گیاهچه تلقیح شده با باکتری بـه میـزان ۲۱/۷۶ درصـد بیشـتر از گیاهچه بدون تلقیح بود (شکل ۵).



شکل ٥- اثر متقابل سطوح شوری × تلقیح اندوفیت باکتریایی *Exigubacterium aurantiacum* بر شاخص تحمل شوری گیاهچه گوجه‌فرنگی

Figure 5– The interaction effect of salinity levels ×bacterial endophyte inoculation of *Exigubacterium aurantiacum* on the salinity tolerance index of tomato seedlings (LSD, $p \leq 0.05$)

همبستگی بین صفات

با توجه به تجزیه و تحلیل همبستگی، بین کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئید و پرولین (به جز همبستگی بین ارتفاع ساقه و پرولین) با تمامی صفات همبستگی مثبت دیده شد (جدول ۳). با توجه بـه نقـش کلروفیل *a* در میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک، این صفت می‌توانـد در ایجاد این اختلاف اثرگذار بوده باشد. وجود همبستگی بـین میـزان کلروفیـل *a* و کلروفیـل *b* بـا صـفات رویشـی نشـان دهنـده نقـش رنگدانه‌های کلروفیل در انجام فتوسنتز و تولید ماده خشک و افـزایش وزن خشک بـرگ مـی‌باشـد. کلروفیـل *b* و کاروتنوئیـدها بـه عنـوان رنگدانه‌های کمکی و حفاظتی کلروفیل *a*، واقـع در سیتوپلاسـم‌هـای کلروپلاست عمل کرده و در جذب و انتقـال انـرژی نـورانی دریـافتی کلروفیل *a* نقش موثری دارند که با نتایج (۵ و ۳۶) مطابقت داشت.

جدول ۳- ضرایب همبستگی داده‌ها برای اثر متقابل سطوح شوری و تلقیح اندوفیت باکتریایی *Exigubacterium aurantiacum* بر گیاهچه گوجه‌فرنگی

Table 3- Data correlation coefficients for the effects on salinity level and *Exigubacterium aurantiacum* bacterial endophyte inoculation on tomato seedlings

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2	-0.31 ns	1								
3	-0.40 ns	-0.62**	1							
4	-0.33 ns	-0.54**	-0.61**	1						
5	-0.49ns	-0.63**	-0.63**	-0.63**	1					
6	0.23 ns	0.30 ns	0.31ns	0.31ns	0.12ns	1				
7	0.33ns	0.52**	0.53**	0.52**	0.26ns	0.55**	1			
8	0.40ns	0.57**	0.59**	0.58**	0.34ns	0.62**	0.62**	1		
9	0.42ns	0.59**	0.63**	0.61**	0.39 ns	0.65**	0.65**	0.66**	1	
10	-0.38 ns	-0.50**	-0.51**	-0.51**	-0.59**	-0.52**	-0.53**	-0.52**	-0.53**	1

۱- ارتفاع ساقه ۲- وزن خشک ساقه ۳- وزن خشک برگ ۴- وزن خشک ریشه ۵- نشت الکترولیت ۶-کلروفیل *a* ۷- کلروفیل *b* ۸- کاروتنوئید ۹- پرولین ۱۰- کربوهیدرات.

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

1- Plant height 2- Shoot dry weight 3- Leaf dry weight 4- Root dry weight 5- Electrolyte leakage 6- Cholorophyll *a* 7- Cholorophyll *b* 8- Cartonoid 9- Proline 10- Carbohydrate.

ns, * and **: non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

نتیجه‌گیری

تلقیح اندوفیت باکتریایی *E. aurantiacum*، به گیاهچه گوجه‌فرنگی، باعث بهبود رشد آن تحت تنش شوری شد. بر همین اساس تلقیح باکتری باعث جلوگیری از کاهش وزن و ارتفاع گیاهچه، تعدیل میزان نشت الکترولیت، جلوگیری از کاهش میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کارتنوئیدها و افزایش میزان پرولین در گیاهان تحت تنش شوری شد. براساس یافته‌های پژوهش حاضر، اندوفیت باکتریایی قابلیت استفاده به عنوان کود بیولوژیکی را دارا می‌باشد، موضوعی که در صورت نهایی شدن می‌تواند به عنوان یک روش دوست‌دار محیط زیست، در کاهش اثرات منفی تغییرات آب و هوایی در محصولات کشاورزی موثر باشد.

منابع

1- Abdelaziz M.E., Kim D., Ali S., Fedoroff N.V., and Al-Babili S. 2017. The endophytic fungus *Piriformospora indica* enhances *Arabidopsis thaliana* growth and modulates Na^+/K^+ homeostasis under salt stress conditions. Journal of Plant Science 263: 107-115.

2- Abdelshafy Mohamad O.A., Ma J.B., Liu Y.H., Zhang D., Hua S., Bhute S., Hedlund B.P., Li W.J., and Li L. 2020. Beneficial endophytic bacterial populations associated with medicinal plant *Thymus vulgaris* alleviate salt stress and confer resistance to *Fusarium oxysporum*. Journal of Frontiers in Plant Science 11: 47.

3- Ahmad P., Hashem A., Abd-Allah E.F., Alqarawi A.A., John R., Egamberdieva D., and Gucel S. 2015. Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through antioxidative defense system. Journal of Frontiers in Plant Science 6: 868.

4- Arbona V., Manzi M., Zandalinas, S.I., Vives-Peris V., Pérez-Clemente R.M., and Gómez-Cadenas A. 2017. Physiological, metabolic, and molecular responses of plants to abiotic stress. In Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective 2: 1-35. Journal of Springer, Cham.

5- Askari M., Maghsodei Mod A., and Safari V.R. 2012. Journal of Production and Processing of Crops and Horticultural Products, Third Year, Ninth Issue. (In Persion)

6- Babu A.N., Jogaiah S., Ito S.I., Nagaraj A.K., and Tran L.S.P. 2015. Improvement of growth, fruit weight and early blight disease protection of tomato plants by rhizosphere bacteria is correlated with their beneficial traits and induced biosynthesis of antioxidant peroxidase and polyphenol oxidase. Journal of Plant Science 231: 62-73.

7- Bai Y., Kissoudis C., Yan Z., Visser R.G., and van der Linden G. 2018. Plant behaviour under combined stress: tomato responses to combined salinity and pathogen stress. The Plant Journal 93(4): 781-793.

8- Bashan, Y., de-Bashan, L.E., Prabhu, S.R. and Hernandez J.P. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). Journal of Plant and Soil 378(1-2): 1-33.

9- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.

10- Begum F., Sultana, W. and Nessa A. 1996. Effect of NaCl salinity stress on seed germination and seedling growth

of maize. Seed Research Jouranl 24: 97-101.
11- Bergna A., Cernava T., Rändler M., Grosch R., Zachow C., and Berg G. 2018. Tomato seeds preferably transmit plant beneficial endophytes. Phytobiomes Journal 2(4): 183-193.
12- Bolan N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Journal of Plant and Soil 134:189–207.
13- Brader G., Compant S., Mitter B., Trognitz F., and Sessitsch A. 2014. Metabolic potential of endophytic bacteria. Current Opinion in Biotechnology Journal 27: 30-37.
14- Bu N., Li X., Li Y., Ma C., Ma L., and Zhang C. 2012. Effects of Na_2CO_3 stress on photosynthesis and antioxidative enzymes in endophyte infected and non-infected rice. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety 78: 35-40.
15- Buwalda J.G., Stribley D.P., and Tinker P.B. 1983. Increased uptake of bromide and chloride by plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizas. New Phytologist 93(2): 217-225.
16- Chanratana M., Joe M.M., Choudhury A.R., Anandham R., Krishnamoorthy R., Kim K., Jeon S., Choi J., Choi J. and Sa T. 2019. Physiological response of tomato plant to chitosan-immobilized aggregated Methylobacterium oryzae CBMB20 inoculation under salinity stress.Journal 3 Biotech 9(11): 397.
17- Chen T., Li C., White J.F., and Nan Z. 2019. Effect of the fungal endophyte Epichloë bromicola on polyamines in wild barley (*Hordeum brevisubulatum*) under salt stress. Plant and Soil 436(1-2): 29-48.
18- Chojak-Koźniewska J., Linkiewicz A., Sowa S., Radzioch M.A., and Kuźniak E. 2017. Interactive effects of salt stress and *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* infection in cucumber:involvement of antioxidant enzymes, abscisic acid and salicylic acid. Journal of Environmental and Experimental Botany 136: 9-20.
19- Dias M.P., Bastos M.S., Xavier V.B., Cassel E., Astarita L.V., and Santarém E.R. 2017. Plant growth and resistance promoted by *Streptomyces* spp. in tomato. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 118: 479-493.
20- Egamberdieva D., and Lugtenberg B. 2014. Use of plant growth-promoting rhizobacteria to alleviate salinity stress in plants. In Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses, Journal of Springer, New York, NY. 1: 73-96.
21- English J.P., and Colmer T.D. 2011. Salinity and waterlogging tolerances in three stem-succulent halophytes (*Tecticornia* species) from the margins of ephemeral salt lakes. Journal of Plant and Soil 348(1-2): 379.
22- Evelin H., Kapoor R., and Giri B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Journal of Annals of Botany 104(7): 1263-1280.
23- Farkhondeh R., Nabizadeh E., and Jalilnezhad N. 2012. Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugar beet cultivars. International Journal of AgriScience 2(5): 385-392.
24- Flo1wers T.J. 2004. Improving salt stress tolerance. Journal of Experimental Botany 55: 307-319.
25- Flowers, T.J. and Colmer T.D. 2008. Abstract. New Phytologist 179(4): 945-963.
26- Flowers T.J. and Yeo A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next. Journal of Functional Plant Biology 22(6): 875-884.
27- Gedemann J.W. 1975. Vesicular arbuscular mycorrhizal. In: The development and function of roots. Torrey, D. G. and Clarkson, D. T. C. (Eds), Academic Press, London, 575-591.
28- Ghabooli M. 2014. Effect of Piriformospora indica inoculation on some physiological traits of barley (*Hordeum vulgare*) under salt stress. Chemistry of Natural Compounds 50(6):1082-1087.
29- Gharsallah C., Fakhfakh H., Grubb D., and Gorsane F. 2016. Effect of salt stress on ion concentration, proline content, antioxidant enzyme activities and gene expression in tomato cultivars. Journal of AoB Plants, 8.
30- Giri B. and Mukerji K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in Sesbania aegyptiaca and Sesbania grandiflora under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza, Journal of Springer 14(5): 307-312.
31- Giri B., Kapoor R., and Mukerji K.G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Journal of Biology and Fertility of Soils 38(3):170-175.
32- Giri B., Kapoor R., and Mukerji K.G. 2007. Improved tolerance of Acacia nilotica to salt stress by arbuscular mycorrhiza, Glomus fasciculatum may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. Microbial ecology, Journal of Springer 54(4): 753-760.
33- Golparyan F., Azizi A., and Soltani J. 2018. Endophytes of *Lippia citriodora* (Syn. *Aloysia triphylla*) enhance its growth and antioxidant activity. European Journal of Plant Pathology 152(3): 759-768.
34- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., and Bohnert H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Journal of Annual Review of Plant Biology 51(1): 463-499.
35- Hatimi A. 1999. Effect of salinity on the association between root symbionts and *Acacia cyanophylla* Lind: growth and nutrition. Plant and Soil, Journal of Springer 216: 93–101.
36- Hedarzadeh M., and Marvatei A. 2020. Investigation of the effect of different levels of urea fertilizer and different sources of iron fertilizer on quantitative and qualitative yield to lemon (*Lippia citriodora* H. B. and K.). Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries) 34(1): 45-59 (In Persian)
37- Herlemann D.P., Labrenz M., Jürgens K., Bertilsson S., Waniek J.J. and Andersson A.F. 2011. Transitions in bacterial communities along the 2000 km salinity gradient of the Baltic Sea. The ISME Journal 5(10): 1571-1579.

38- Iqbal M., Akhtar J., Anwar-Ul-Haq M., Nasim M., Saeed A., and Naveed M. 2007. Variation in growth and ion uptake in rice cultivars under NaCl stress in hydroponics. Pakistan Journal Agriculture Science 44(3):393-400.
39- Jan F.G., Hamayun M., Hussain A., Jan G., Iqbal A., Khan A. and Lee I.J. 2019. An endophytic isolate of the fungus *Yarrowia lipolytica* produces metabolites that ameliorate the negative impact of salt stress on the physiology of maize. BMC microbiology 19(1): 1-10.
40- Kafi M., Borzuyi A., Salehi M., Kamandi A., Masoumi A. and Nabati C. 2015 Physiology of environmental stresses in plants. Mashhad University Press, Mashhad. (In Persian)
41- Karim M.A., Nawata E. and Shigenaga S. 1993. Effect of Salinity and Temperature on Yield, Mineral Ion Concentrations and Physiology in *Hexaploid Triticale*. Japanese Journal of Crop Science 62(3): 419-428.
42- Kaur G. and Asthir B.J.B.P. 2015. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. Biologia plantarum, Journal of Springer 59(4): 609-619.
43- Khan A.L., Hussain J., Al-Harrasi A., Al-Rawahi A. and Lee I.J. 2013. Endophytic fungi: a source of gibberellins and crop resistance to abiotic stress. Crit Reviews Biotech 35(1): 62-74.
44- Khan A.L., Waqas M., Asaf S., Kamran M., Shahzad R., Bilal S., Khan M.A., Kang S.M., Kim Y.H., Yun B.W. and Al-Rawahi A. 2017. Plant growth-promoting endophyte *Sphingomonas* sp. LK11 alleviates salinity stress in *Solanum pimpinellifolium*. Journal of Environmental and Experimental Botany, 133: 58-69.
45- Khan, M.H., Singha, K.L. and Panda S.K. 2002. Changes in antioxidant levels in *Oryza sativa* L. roots subjected to NaCl-salinity stress. Journal of Acta Physiologiae Plantarum 24(2): 145-148.
46- Khan M.I.R., Asgher M. and Khan N.A. 2014. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). Journal of Plant Physiology and Biochemistry 80: 67-74.
47- Kirch H.H., Vera-Estrella R., Golldack D., Quigley F., Michalowski C.B., Barkla B.J. and Bohnert H.J. 2000. Expression of water channel proteins in *Mesembryanthemum crystallinum*. Journal of Plant Physiology 123(1):111-124.
48- Li J.H., Wang E.T., Chen W.F. and Chen W.X. 2008. Genetic diversity and potential for promotion of plant growth detected in nodule endophytic bacteria of soybean grown in Heilongjiang province of China. Journal of Soil Biology and Biochemistry 40(1): 238-246.
49- Li L., Li L., Wang X., Zhu P., Wu H. and Qi S. 2017. Plant growth-promoting endophyte *Piriformospora indica* alleviates salinity stress in Medicago truncatula. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 119: 211-223.
50- Liang, W., Ma, X., Wan, P. and Liu L. 2018. Plant salt-tolerance mechanism: A review. Journal of Biochemical and biophysical research communications 495(1): 286-291.
51- Lichtenthaler H.K. and Buschmann C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Journal of Current protocols in food analytical chemistry, 1(1):F4-3.
52- Lucero M.E., Barrow J.R., Osuna P., Reyes I. and Duke S.E. 2008. Enhancing native grass productivity by cocultivating with endophyte-laden calli. Journal of Rangeland Ecology and Management 61(1): 124-130.
53- Manchanda, G. and Garg N. 2011. Alleviation of salt-induced ionic, osmotic and oxidative stresses in *Cajanus cajan* nodules by AM inoculation. Journal of Plant Biosystems, 145(1): 88-97.
54- Massaretto I.L., Albaladejo I., Purgatto E., Flores F.B., Plasencia F., Egea-Fernández J.M., Bolarin M.C. and Egea I. 2018. Recovering tomato landraces to simultaneously improve fruit yield and nutritional quality against salt stress. Journal of Frontiers in Plant Science 9: 1778.
55- Mayak S., Tirosh T. and Glick B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Journal of Plant physiology and Biochemistry 42(6): 565-572.
56- Mercado-Blanco J. and JJ. Lugtenberg B. 2014. Biotechnological applications of bacterial endophytes. Journal of Current Biotechnology 3(1): 60-75.
57- Munns R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. Journal of New Phytologist 167(3): 645–663.
58- Munns R. and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Review. Journal of Plant Biology 59: 651-681.
59- Murillo-Amador B., Reyes-Pérez J.J., Hernandez-Montiel L.G., Rueda-Puente E.O., De Lucia B., Beltrán-Morales F.A. and Ruiz-Espinoza F.H. 2017. Physiological responses to salinity in *Solanum lycopersicum* L. varieties. Pakistan Journal of Botany 49(3):809-818.
60- Negrão S., Schmöckel S.M. and Tester M. 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annals of Botany 119(1): 1-11.
61- Niamat B., Naveed M., Ahmad Z., Yaseen M., Ditta A., Mustafa A., Rafique M., Bibi R., Sun N. and Xu M. 2019. Calcium-Enriched Animal Manure Alleviates the Adverse Effects of Salt Stress on Growth, Physiology and Nutrients Homeostasis of *Zea mays* L. Journal of Plants 8(11): 480.
62- Porcel R. and Ruiz-Lozano J.M. 2004. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany 55(403):1743-1750.
63- Qi W. and Zhao L. 2013. Study of the siderophore-producing *Trichoderma asperellum* Q1 on cucumber growth

promotion under salt stress. Journal of basic microbiology, 53(4): 355-364.

64- Rawat L., Bisht T.S., Upadhayay R.G. and Kukreti A. 2016. Selection of Salinity Tolerant *Trichoderma* Isolates and Evaluating their Performance in Alleviating Salinity Stress in Rice (*Oryzae Sativa* L.).International Journal of National Acadmy of Agricultural Science (NAAS). 34(6): 1869-1875.

65- Romero F.M., Marina M. and Pieckenstain F.L. 2016. Novel components of leaf bacterial communities of field-grown tomato plants and their potential for plant growth promotion and biocontrol of tomato diseases. Journal of Research in Microbiology 167(3): 222-233.

66- Rueda-Puente E.O., Renganathan P., Farmohammadi S., Moghaddam A. and Zakeri O. 2013. Plant growth promoting bacteria associated to *Salicornia* rhyzosphere in bandarAbbas, Iran. In Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Technology, Athens.

67- Ruiz-Lozano J.M., Porcel R., Azcón C. and Aroca R. 2012. Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. Journal of Experimental Botany 63(11): 4033-4044.

68- Sadeghi F., Samsampour D., Seyahooei M.A., Bagheri A. and Soltani J. 2020. Fungal endophytes alleviate drought-induced oxidative stress in mandarin (*Citrus reticulata* L.): Toward regulating the ascorbate–glutathione cycle. Journal of Scientia Horticulturae 261: 108991.

69- Sairam R.K., Rao K.V. and Srivastava G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Journal of Plant Science 163(5): 1037-1046.

70- Sathiyaraj G., Srinivasan S., Kim Y.J., Lee O.R., Parvin S., Balusamy S.R.D., Khorolragchaa A. and Yang D.C. 2014. Acclimation of hydrogen peroxide enhances salt tolerance by activating defense-related proteins in *Panax ginseng* CA Meyer. Molecular Biology Reports 41(6): 3761-3771.

71- Sattelmacher B. 2001. The apoplast and its significance for plant mineral nutrition. Journal of New Phytologist 149(2): 167-192.

72- Shahzad R., Khan AL., Bilal S., Waqas M., Kang SM. and Lee IJ. 2017. Inoculation of abscisic acid-producing endophytic bacteria enhances salinity stress tolerance in *Oryza sativa*. Environ Exp Bot. 136:68–77.

73- Shankar S. and Shanker U. 2014. Arsenic contamination of groundwater: a review of sources, prevalence, health risks, and strategies for mitigation. The Scientific World Journal.

74- Sherameti Irena, Bationa Shahollari, Yvonne Venus, Lothar Altschmied, Ajit Varma, and Ralf Oelmüller. 2005. "The endophytic fungus *Piriformospora indica* stimulates the expression of nitrate reductase and the starch-degrading enzyme glucan-water dikinase in tobacco and Arabidopsis roots through a homeodomain transcription factor that binds to a conserved motif in their promoters." Journal of Biological Chemistry 280(28): 26241-26247.

75- Sholi N.J. 2012. Effect of salt stress on seed germination, plant growth, photosynthesis and ion accumulation of four tomato cultivars. American Journal of Plant Physiology 7(6): 269-275.

76- Soad A., Algam X., Guan-lin and Coosemans J. 2005. Delivery Methods for Introducing Endophytic *Bacillus* into Tomato and Their Effect on Growth Promotion and Suppression of Tomato Wilt. Plant Pathology Journal 4: 69-74.

77- Soltani J. 2017. Endophytism in *Cupressoideae* (Coniferae): a model in endophyte biology and biotechnology. In Endophytes: Biology and Biotechnology Journal of Springer, Cham 15: 280(28): 26241-7.

78- Suzuki, N., Bassil, E., Hamilton, J.S., Inupakutika, M.A., Zandalinas, S.I., Tripathy, D., Luo, Y., Dion, E., Fukui, G., Kumazaki, A. and Nakano R. 2016. ABA is required for plant acclimation to a combination of salt and heat stress. Journal of PloS one, 11(1): e0147625.

79- Szymańska S., Płociniczak T., Piotrowska-Seget Z. and Hrynkiewicz K. 2016. Endophytic and rhizosphere bacteria associated with the roots of the halophyte *Salicornia europaea* L.–community structure and metabolic potential. Journal of Microbiological research, 192: 37-51.

80- Tefera T. and Vidal S. 2009. Effect of inoculation method and plant growth medium on endophytic colonization of sorghum by the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana. Journal of BioContro 54(5): 663-669.

81- Torabian S., Farhangi-Abriz S. and Zahedi M. 2018. Efficacy of FeSO 4 nano formulations on osmolytes and antioxidative enzymes of sunflower under salt stress. Indian Journal of Plant Physiology 23(2): 305-315.

82- Valentovic P., Luxova M., Kolarovic L. and Gasparikova O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. Journal of Plant Soil and Environment 52(4): 184.

83- Ventosa A. and Arahal D.R. 2009. Halophily (halophilism and halophilic microorganisms). Extremophiles vol. Encyclopedia of life support systems. EOLSS Publishers Company Limited, Oxford 233-246.

84- Waller F., Achatz B., Baltruschat H., Fodor J., Becker K., Fischer M., Heier T., Hückelhoven R., Neumann C., Von Wettstein D. and Franken P. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Journal of Proceedings of the National Academy of Sciences 102(38): 13386-13391.

85- Yan N., Marschner P., Cao W., Zuo C. and Qin W. 2015. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. International Soil and Water Conservation Research *3*(4):316-323.

86- Yang H., Hu J., Long X., Liu Z. and Rengel Z. 2016. Salinity altered root distribution and increased diversity of bacterial communities in the rhizosphere soil of *Jerusalem artichoke.* Scientific Reports 6(1): 1-10.
87- Yemm E.W. and Willis A. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemical Journal 57(3): 508-514.
88- Yeo A.R., Caporn S.J.M. and Flowers T.J. 1985. The effect of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.): gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. Journal of Experimental Botany 36(8): 1240-1248.
89- Yurtseven E., Kesmez G.D. and Ünlükara A. 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*). Journal of Agricultural Water Management 78(1-2): 128-135.
90- Zarea M.J., Hajinia S., Karimi N., Goltapeh E.M., Rejali F. and Varma A. 2012. Effect of *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil on mitigation of the effects of NaCl. Journal of Soil Biology and Biochemistry 45: 139-146.
91- Zhang F., Wang Y., Liu C., Chen F., Ge H., Tian F., Yang T., Ma K. and Zhang Y. 2019. *Trichoderma* harzianum mitigates salt stress in cucumber via multiple responses. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety 170: 436-445.
92- Zhang H.X., and Blumwald E. 2001. Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. Journal of Nature Biotechnology 19(8): 765-768.
93- Zhang S., Gan Y. and Xu B. 2016. Application of plant-growth-promoting fungi *Trichoderma longibrachiatum* T6 enhances tolerance of wheat to salt stress through improvement of antioxidative defense system and gene expression. Journal of Frontiers in Plant Science 7:1405.
94- Zhang W., Wang X.X., Yang Z., Ashaduzzaman S.M., Kong M.J., Lu L.Y., Shen J.X. and Dai C.C. 2017. Physiological mechanisms behind endophytic fungus *Phomopsis liquidambari*-mediated symbiosis enhancement of peanut in a monocropping system. Journal of Plant and Soil 416(1-2): 325-342.
95- Zuccarini P. and Okurowska P. 2008. Effects of mycorrhizal colonization and fertilization on growth and photosynthesis of sweet basil under salt stress. Journal of Plant Nutrition 31(3): 497-513.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.1, Spring 2021, P. 153-167
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۶۷-۱۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Bacterial Endophyte (*Exigubacterium aurantiacum*) Isolated from *Salsola imbricata* on Growth Characteristics of Tomato Seedlings under Salinity Stress

S. Aghaei Dargiri[1]- D. Samsampour[2]*- M. Askari Seyahooei[3]- A. Bagheri[4]
Received: 10-11-2020
Accepted: 16-01-2021

Introduction: Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a common vegetable that is widely cultivated and consumed worldwide in the Solanaceae family (global tomato production is estimated at approximately 182 million tons in 2017). Tomato, because of its elevated nutritional value, is the second most common vegetable commodity in the world after potatoes. As with other crops, the global production of tomatoes is threatened by certain biological stresses (such as pests, plant diseases and weeds) and non-biological stresses (such as salinity, drought, floods, cold and heat stress). Nowadays, the excessive use of chemical fertilizers in tomato production in order to increase yields, has resulted in environmental pollution and dangers on the health of consumers. The reaction of cultivated plants to these challenges is indicated by numerous morphological, physiological, biochemical and molecular changes, leading to a direct and indirect decrease in plant growth and productivity. Salinity as a non-biological stress can cause osmotic or ionic imbalance in plant cells. Salinity stress also limits growth and germination by affecting water and reducing water availability and affects crop production. Endophytes represent an eco-friendly option for the promotion of plant growth and for serving as sustainable resources of novel bioactive natural products. One of the alternative ways to restore normal plant growth under salinity stress may be to use plant growth to stimulate endophytes. Endophytes can play an important role in plant survival under salinity stress by reducing the adverse effects of sodium ion. Therefore, this work provides strong evidence that endophyte halophyte can be beneficial for tomato that help tolerate the plants stress.

Materials and Methods: The main aim of this study was to investigate the role of endophytic bacteria (*Exigubacterium aurantiacum*), isolated from *Salsola imbricate*, in improving the growth of *Solanum lycopersicum* L. (8320) under salinity stress. The salinity tolerance potential of bacterial endophytes was investigated in vitro. The bacterial was cultured in Nutrient Agar with different concentrations of NaCl (1, 2 and 3 M) and its growth dynamics were investigated after 24 and 120 hours. To prepare the bacterial suspension for inoculation with tomato seeds, the bacteria were cultured on NB (Nutrient Broth) medium for 24 hours in an incubator at 28±1 °C at 130 rpm. The OD suspension was adjusted to a concentration of 1×10^8 ml. Tomato seeds (cultivar 8320) were washed with ethanol (70%) for 30 seconds and then sterilized with 0.5% sodium hypochlorite for 90 minutes and then completely distilled three times with distilled water. They were autoclaved and washed. For better contact of seeds with bacteria, 1% carboxymethylcellulose was used and then the seeds inoculated with bacterial treatments were placed on a shaker for six hours. Seeds inoculated with bacterial endophytes were planted in seedlings and then placed in pots containing autoclaved soil in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Hormoz University. The experiment was arranged in a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. Experimental treatments included five levels of salinity stress (0, 4, 6, 8 and 10 dS/m^{-1}) and bacterial endophyte inoculation (*E. aurantiacum*). Analysis of variance of traits was performed using SAS software version 9.4 and the means were compared using LSD method with a probability level of $P\leq0.05$.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that among treatments there is significant difference on growth parameters of tomato seedling ($P \leq 0.01$), this indicate the positive impact of the bacterial endophyte on the growth parameters of tomato seedling is inoculated with the bacterial than the control plants. In this experiment, stem height, dry weight of stem, leaf and root, percentage of electrolyte leakage, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, proline and carbohydrate content were examined. The results of mean comparison

1 and 2- Ph.D. Student and Assistant Professor, Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Hormozgan, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Samsampoor@hormozgan.ac.ir)
3 and 4- Assistant Professors, Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organiziation (AREEO), Bandar Abbas
DOI: 10.22067/jhs.2021.61963.0

showed that salinity stress significantly reduced stem height, stem dry weight, leaves and roots, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids and increased electrolyte leakage; however, bacterial endophyte reduced the negative effects of salinity stress on tomatoes. Tomato seedling treated with endophytic bacteria showed higher levels of key osmolytes, total soluble carbohydrates and free proline compared to untreated plants under salinity stress.

Conclusion: The results also showed that the use of endophytic bacteria increased the growth of tomatoes in saline soil and water, thereby it can be used as an effective tool for growing salinity-sensitive plants such as tomatoes in saline conditions.

Keywords: Bio-fertilizer, Endophyte, Salinity tolerance, Tomato, Total soluble carbohydrates